



SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI SNMI XI 2017

The Jayakarta Hotel, Lombok
27-29 April 2017



ABSTRAK

SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI XI 2017

**RISET MULTIDISIPLIN UNTUK MENUNJANG
PENGEMBANGAN INDUSTRI NASIONAL**

The Jayakarta Hotel
Lombok, 27-29 April 2017



Diterbitkan oleh:

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta 11440

Telp. 021-5672548, 5663124, 5638335; Fax. 021-5663277

e-mail: snmi@ft.untar.ac.id ; Website: www.untar.ac.id/ft

PENGENDALIAN MOTOR PENGGERAK MEKANISME PENGGERAK PAHAT MESIN ROUTER NC PADA ARAH SUMBU X, SUMBU Y, DAN SUMBU Z SECARA SEREMPAK

Rachmad Hartono, Sugiharto, Bukti Tarigan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Pasundan,
Bandung, 40153, Indonesia

Email : rachmad_hartono@yahoo.com; sugih.sugiharto@gmail.com;
bukti.tarigan@unpas.ac.id

Abstrak

Pada makalah ini akan diuraikan suatu cara untuk mengendalikan motor penggerak mekanisme penggerak pahat pada mesin router NC pada arah sumbu x, sumbu y, dan sumbu z secara serempak. Mesin router adalah mesin yang digunakan untuk membuat profil pada permukaan kayu dengan tujuan untuk memperbaiki tampilan kayu. Profil permukaan kayu dibuat dengan cara mengumpankan pahat yang berputar pada permukaan kayu. Lintasan pahat pada permukaan kayu akan menentukan bentuk profil pada permukaan kayu. Agar pahat dapat membuat lintasan sesuai yang diinginkan, diperlukan suatu pengaturan gerak pahat pada arah sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Pahat mesin router ditempatkan pada suatu pemegang pahat yang dapat bergerak pada arah sumbu z. Pemegang pahat tersebut diletakkan pada suatu penopang yang dapat bergerak pada arah sumbu x. Penopang ini selanjutnya diletakkan pada suatu konstruksi tiang yang dapat bergerak pada arah sumbu y. Masing-masing mekanisme gerak pada ketiga sumbu tersebut digerakkan oleh satu motor stepper atau motor servo. Pengaturan gerak motor stepper atau motor servo dilakukan dengan cara mengatur jumlah pulsa dan frekwensi pulsa pada masing-masing driver motor stepper atau motor servo. Jumlah pulsa dan frekwensi pulsa diatur oleh suatu mikrokontroler. Mikrokontroler menerima data berupa jumlah pulsa dan frekwensi pulsa dari komputer melalui komunikasi serial. Jumlah pulsa maupun frekwensi pulsa ditentukan berdasarkan koordinat yang harus dicapai oleh pahat dan kecepatan pahat yang diinginkan untuk mencapai koordinat tersebut.

Kata kunci: motor stepper, motor servo, mikrokontroler, komputer

1. Pendahuluan

Mesin router adalah mesin yang digunakan untuk membuat ukiran kayu. Alat utama yang digunakan pada mesin router adalah pisau yang bentuknya mirip dengan mata bor. Pisau tersebut akan berputar dengan kecepatan tinggi dan memakan kayu hingga terbentuk profil lekukan yang diinginkan. Salah satu contoh mesin router NC dapat dilihat pada gambar 1.

Dari gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa pahat pada mesin router digerakkan naik turun (arah sumbu-z) oleh satu motor penggerak. Konstruksi spindel dan pemegang pahat digerakkan ke kanan atau ke kiri (arah sumbu-x) oleh satu motor penggerak. Meja mesin router digerakkan ke depan atau ke belakang (arah sumbu-y) oleh satu motor penggerak.

Jenis motor listrik yang biasanya digunakan untuk menggerakkan ketiga mekanisme yang telah disebutkan sebelumnya adalah motor stepper atau motor servo. Kedua jenis motor tersebut dipilih karena motor jenis ini jumlah putaran dan kecepatan putarnya dapat diatur

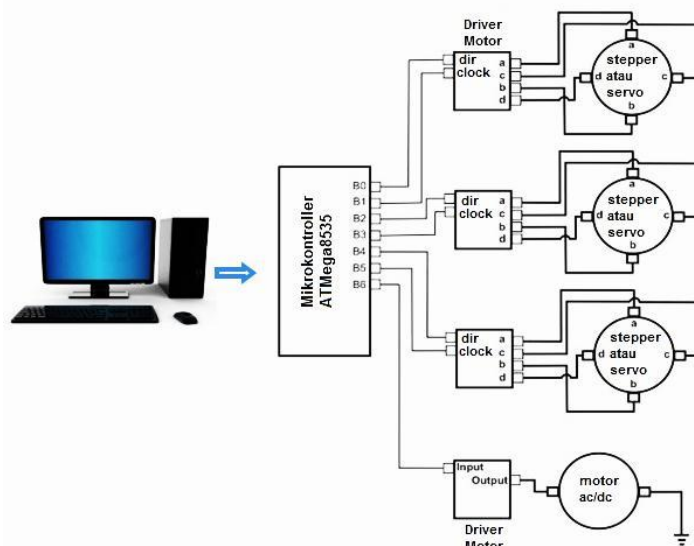
dengan mudah. Motor stepper biasanya digunakan untuk meggerakkan mekanisme-mekanisme yang tidak memerlukan daya yang besar. Motor servo biasanya digunakan untuk menggerakkan mekanisme-mekanisme yang memerlukan daya yang besar.



Gambar 1 Mesin router NC

2. Pendekatan Pemecahan Masalah

Agar diperoleh profil ukiran kayu yang diinginkan, pahat mesin router harus dapat digerakkan pada suatu lintasan tertentu pada permukaan kayu. Agar pahat dapat bergerak membentuk suatu lintasan berupa kurva, ketiga motor penggerak sumbu mesin router harus berputar secara serempak dengan kecepatan putar yang berbeda-beda sesuai dengan bentuk lintasan yang diinginkan. Oleh karenanya diperlukan suatu sistem kendali yang dapat mengatur kecepatan masing-masing motor penggerak ketiga sumbu mesin router secara serempak. Secara garis besar skematis pengendalian ketiga motor penggerak ketiga sumbu mesin router dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2

Skematis sistem kendali ketiga motor penggerak sumbu-sumbu mesin router

Data gerakan pahat berupa posisi (koordinat x, koordinat y, koordinat z) dan kecepatan dituliskan pada komputer. Komputer akan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroller melalui komunikasi serial. Berdasarkan data gerakan yang diterima dari komputer, mikrokontroller mengatur ketiga gerakan motor penggerak agar pahat dapat mencapai posisi yang diinginkan melalui lintasan tertentu. Setelah pahat mencapai posisi yang diinginkan, mikrokontroller mengirimkan isyarat ke komputer bahwa mikrokontroller telah selesai mengeksekusi data gerakan dan siap untuk menerima data lagi dari komputer.

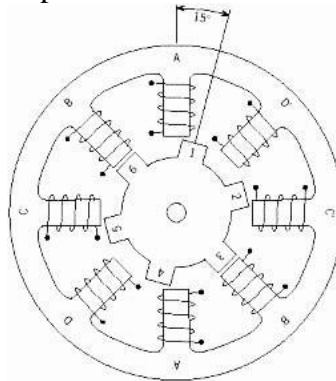
3. Pengumpulan Data

Agar sistem kendali yang direncanakan dapat diwujudkan perlu diketahui terlebih dahulu beberapa pengetahuan yang terkait dengan motor stepper, motor servo, mikrokontroller, dan komunikasi serial.

3.1 Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkannya diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik.

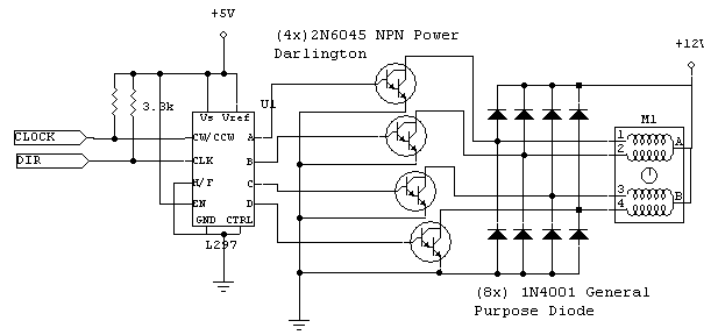
Salah satu jenis motor stepper adalah motor stepper variable reluctance. Konstruksi motor stepper jenis variable reluctance dapat dilihat pada gambar 3. Jika kumparan A, B, C, dan D diberi arus listrik secara bergantian dan berurutan, maka poros motor akan mengikuti arah pergantian pemberian arus pada kumparan.



Gambar 3 Motor stepper variable reluctance

Agar pemberian arus pada kumparan motor stepper dapat dilakukan secara otomatis, diperlukan suatu driver yang dapat mengubah suatu perubahan sinyal menjadi pergeseran nilai output pada kumparan-kumparan motor stepper. Salah satu jenis driver motor stepper dapat dilihat pada gambar 4.

Bila pada kaki clock diberi pulsa secara periodik, maka kondisi high pada kaki output akan bergeser dari output A, B, C, D, A dan seterusnya bila kaki dir diberi nilai high. Bila kaki dir diberi nilai low dan pada kaki clock diberi pulsa secara periodik, maka kondisi high pada kaki output akan bergeser dari output A, D, C, B, A dan seterusnya.



Gambar 4 Driver motor stepper

3.2 Motor Servo

Motor servo adalah suatu aktuator putar atau aktuator linier yang posisi angularnya atau posisi liniernya, kecepatan dan percepatannya dapat dikendalikan secara teliti. Motor servo terdiri dari suatu motor listrik AC atau motor listrik DC yang porosnya dihubungkan dengan sensor posisi yang berfungsi sebagai umpan balik posisi maupun kecepatan. Motor servo dilengkapi dengan pengendali (driver) yang khusus digunakan untuk mengendalikan motor servo yang bersangkutan. Salah satu contoh motor servo AC dapat dilihat pada gambar 5.



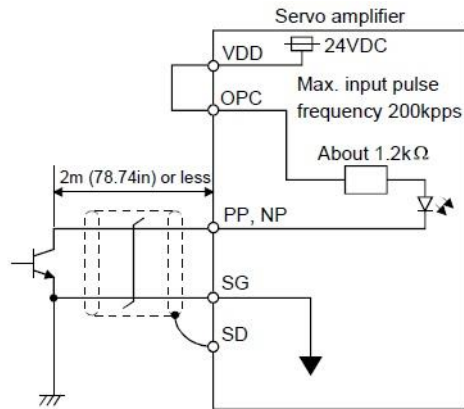
Gambar 5 Motor servo AC dan drivernya

Driver motor servo mempunyai dua kaki input yaitu kaki PP dan kaki NP. Wiring diagram pengendalian motor servo dapat dilihat pada gambar 6. Bila kaki PP dan SG disambung dan diputus secara kontinyu, maka poros motor servo akan berputar clock wise. Bila kaki NP dan SG disambung dan diputus secara kontinyu, maka poros motor servo akan berputar counter clock wise.

3.3 Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronika yang didalamnya terdapat rangkaian kontrol, mikroprosesor, memori, dan input atau output. Mikrokontroler dapat diprogram menggunakan berbagai macam bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang biasa

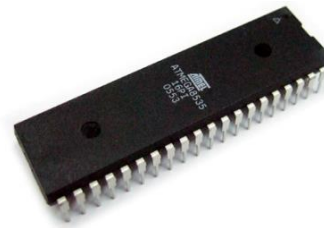
digunakan untuk memprogram mikrokontroler diantaranya adalah bahasa assembler, bahasa C, bahasa basic dan lain-lain.



Gambar 6 Wiring diagram pengendalian motor servo

Salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan untuk aplikasi kontrol adalah ATmega 8535. ATmega 8535 merupakan salah satu mikrokontroler keluaran Atmel. Atmel adalah salah satu vendor yang bergerak dibidang mikroelektrika. ATmega 8535 memiliki beberapa fitur yang dapat digunakan untuk aplikasi kontrol. Sekema dan bentuk mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada gambar 7.

(TO) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	AGND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC8 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC9
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1
(OC1A) PD5	19	22	PC0
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

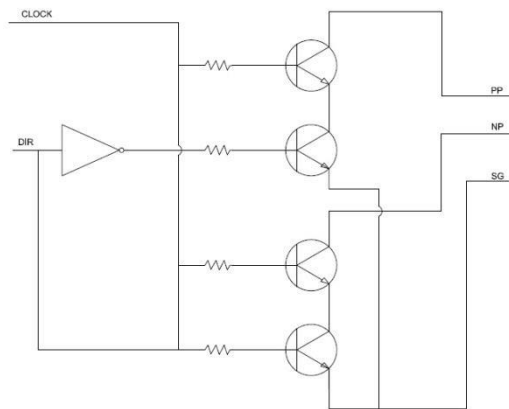


Gambar 7 Skematis dan bentuk mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroller ATmega8535 mempunyai 32 kaki I/O, kemampuan berkomunikasi serial, dan mempunyai fasilitas timer. Kaki I/O dapat digunakan sebagai penghubung antara komponen di dalam sistem dengan piranti di luar sistem. Komunikasi serial digunakan untuk mentransfer data secara serial. Fasilitas timer merupakan suatu kemampuan pada mikrokontroller untuk mengeksekusi fungsi tertentu setiap selang waktu tertentu ketika timer yang bersangkutan diaktifkan.

4. Analisis

Untuk memudahkan proses pengendalian pada motor servo perlu dibuat rangkaian tambahan agar pengendalian motor servo melalui kaki PP atau NP dapat diubah menjadi pengendalian melalui kaki dir dan clock. Rangkaian untuk mengubah cara pengendalian melalui kaki PP atau NP menjadi dir dan clock dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Rangkaian pengubah kendali PP/NP menjadi dir-clock

Pada pembahasan kali ini, kaki dir untuk motor penggerak sumbu-x dihubungkan dengan PORTC.1, kaki dir untuk motor penggerak sumbu-y dihubungkan dengan PORTC.3, dan kaki dir untuk motor penggerak sumbu-z dihubungkan dengan PORTC.5. Kaki clock untuk motor penggerak sumbu-x dihubungkan dengan PORTC.0, kaki clock untuk motor penggerak sumbu-y dihubungkan dengan PORTC.2, dan kaki clock untuk motor penggerak sumbu-z dihubungkan dengan PORTC.4.

Pengaturan jumlah clock dan interval antar clock dilakukan pada fungsi timer. Timer mikrokontroller diatur bekerja setiap selang waktu 10 μ s. Fungsi timer untuk mengatur jumlah clock dan interval clock dapat dilihat pada tabel 1.

Fungsi pada tabel dikerjakan setiap selang waktu 10 μ s. Baris-baris fungsi yang teletak di antara //awal pengaturan motor 1 dan //akhir pengaturan motor 1 dikerjakan jika nilai a0=1. Baris-baris fungsi yang teletak di antara //awal pengaturan motor 2 dan //akhir pengaturan motor 2 dikerjakan jika nilai b0=1. Ketika a0=1 nilai a1 selalu bertambah satu setiap kali fungsi timer dikerjakan dan nilai a1 berulang ketika lebih dari 2*a2. PORTC.0 bernilai low selama setengah siklus nilai a1 dan bernilai high selama setengah siklus a1. Setiap satu siklus nilai a4 ditambah satu. Ketika nilai a4 lebih dari atau sama dengan a5 nilai a0 dijadikan nol, sehingga siklus pengaturan motor 1 berhenti. Pada saat itu pula nilai a6 diubah menjadi satu.

Logika pengaturan motor 2 serupa dengan logika pengaturan motor 1. Logika pengaturan motor yang lain (motor 3, 4, dan seterusnya) juga serupa dengan logika pengaturan motor 1. Mikrokontroller akan mengirim isyarat ke komputer (putchar(1)) jika nilai a6 dan b6 sama dengan satu. Nilai a6 dan b6 sama dengan satu jika semua motor telah selesai bergerak sesuai dengan jumlah putaran yang telah ditentukan.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa untuk motor 1 interval siklus ditentukan oleh nilai a2 dan jumlah siklus ditentukan oleh nilai a5. Untuk motor 2 interval siklus ditentukan oleh nilai b2 dan jumlah siklus ditentukan oleh nilai b5. Arah putaran motor, nilai interval siklus, dan jumlah siklus ditentukan pada program utama berdasarkan nilai-nilai yang diterima dari komputer melalui komunikasi serial.

Komputer mengirimkan data ke mikrokontroller melalui komunikasi serial dengan kapasitas data 8 bit. Oleh karenanya untuk mengirimkan data yang nilainya lebih dari 255 dilakukan dua kali pengiriman. Data pertama merupakan nilai hasil bagi antara data dengan bilangan 255, sedangkan data kedua merupakan nilai sisa bagi antara data dengan bilangan 255.

Tabel 1
Fungsi untuk mengatur jumlah clock dan interval clock

```

interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
    TCNT0=0x05;
    TCNT0=0x05;
    if(a0==1){***//awal pengaturan motor 1
        a1=a1+1;
        if(a1>=2*a2) {
            a1=0;
            a4=a4+1;
        }
        if(a1<=a2) PORTC.0=0;
        else PORTC.0=1;
        if(a4>=a5){
            a0=0;
            a4=0;
            a6=1;
        }
    } *** //akhir pengaturan motor 1
    if(b0==1){*** //awal pengaturan motor 2
        b1=b1+1;
        if(b1>=2*b2){
            b1=0;
            b4=b4+1;
        }
        if(b1<=b2) PORTC.2=0;
        else PORTC.2=1;
        if(b4>=b5){
            b0=0;
            b4=0;
            b6=1;
        }
    } *** //akhir pengaturan motor 2
    if(a6==1)&&(b6==1){
        putchar(1);
        a6=0;
        b6=0;
    }
}

```

Data gerakan untuk setiap motor terdiri dari arah putaran motor, jumlah siklus, dan interval antar siklus. Karena nilai jumlah siklus dapat lebih dari 255, jumlah siklus dikirimkan dalam dua kali pengiriman. Dengan demikian data gerakan untuk setiap motor dikirimkan dalam empat kali pengiriman.

Urutan pengiriman data untuk setiap motor dimulai dari pengiriman arah putaran motor, nilai hasil bagi jumlah siklus, nilai sisa bagi jumlah siklus, dan diakhiri dengan nilai interval antar siklus. Program utama di mikrokontroler untuk menangani penerimaan data gerakan untuk pengaturan dua buah motor penggerak dapat dilihat pada tabel 2.

Setiap kali mikrokontroler menerima data ($z = \text{getchar}()$) variabel hitung ditambah satu. Dengan demikian variabel hitung dapat digunakan sebagai pedoman data ke berapa yang sedang diterima oleh mikrokontroler. Setiap data yang diterima, kemudian dipindahkan ke

variabel x1 sampai dengan x8. Ketika data yang diterima mikrokontroller jumlahnya sama dengan 8 data tersebut kemudian diolah. Data yang harus diolah adalah x2 dan x3 untuk dijadikan a5 dan x6 dan x7 untuk dijadikan b5. Setelah data tersebut diolah nilai a0 dan b0 diubah menjadi satu agar pengendalian motor 1 dan motor 2 dapat dilaksanakan.

Tabel 2
Program penerimaan data

```
while (1)
{
// Place your code here
z=getchar();
hitung=hitung+1;
if(hitung==1) x1=z;
if(hitung==2) x2=z;
if(hitung==3) x3=z;
if(hitung==4) x4=z;
if(hitung==5) x5=z;
if(hitung==6) x6=z;
if(hitung==7) x7=z;
if(hitung==8)
{
hitung=0;
x8=z;
a5=255*x2+x3;
b5=255*x6+x7;
a2=x4;
b2=x8;
if(x1==0) PORTC.1=0;
else PORTC.1=1;
if(x5==0) PORTC.3=0;
else PORTC.3=1;
a0=1;
b0=1;
}
}
```

5. Kesimpulan

Dari uraian yang dijelaskan di atas dapat disimpulkan bahwa satu buah mikrokontroller ATmega8535 dapat digunakan untuk mengendalikan dua buah motor stepper atau motor servo secara serempak. Pengendalian tiga buah atau lebih motor stepper atau motor servo menggunakan logika pemrograman yang sama. Data gerakan masing-masing motor disimpan di dalam komputer. Data gerakan yang disimpan di komputer dikirimkan ke mikrokontroller satu per satu setiap kali mikrokontroller mengirimkan sinyal ke komputer yang menandakan bahwa mikrokontroller telah selesai mengeksekusi gerakan dan siap untuk menerima data berikutnya dari komputer.

6. Daftar Pustaka

1. Pengertian dan cara kerja motor stepper, diperoleh melalui situs internet: <http://www.partner3d.com/motor-stepper-pengertian-cara-kerja-dan-jenis-jenisnya/>. Diunduh tanggal: 17-12-2016.
2. Driver motor stepper unipolar, diperoleh melalui situs internet: https://www.google.com/search?q=driver+motor+stepper&espv=2&tbm=isch&imgil=trsKTR6memHZMM%253A%253BVl5EqTBx36ocLM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fhades.mech.northwestern.edu%25252Findex.php%25252FUnipolar_Stepper_Motor_Driver_Circuit&source=iu&pf=m&fir=trsKTR6memHZMM%253A%252C%253BVl5EqTBx36ocLM%252C_&usg=__eYvUCCjfd-YIbt-pb7l3trAyvoY%3D&biw_=1366&bih=613&ved=0ahUKEwiWuOXs4-vSAhUHto8KHTjoAJ8QyjcIJA&ei_=yE3TWJa0AYfsvgS40IP4CQ#imgsrc=trsKTR6memHZMM. Diunduh tanggal: 20-1-2017.
3. Definisi dan prinsip kerja servo motor, diperoleh melalui situs internet : <https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>. Diunduh tanggal: 1-2-2017.
4. MR-J2S-A Instruction Manual – Mitsubishi Electric Corporation, diperoleh melalui situs internet : <http://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/servo/sh030006/sh030006j.pdf>
5. Etrawan, Fery. *"Pengendalian Mekanisme Penggerak Pahat Mesin Router CNC Pada Arah Sumbu X sumbu Y dan Sumbu Z"*, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung tahun 2016.
6. Hakim, Lukmanul. *"Pengendalian Sistem Penggerak Meja Kerja Mesin Frais EMCO F3 Dalam Arah Sumbu-X"*, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung tahun 2016.